

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24 juillet 1986.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 4 du 29 janvier 1988.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : ETAT FRANÇAIS représenté par le mi-
nistre de l'Industrie, du Tourisme et PTT (Centre National
d'Etudes des Télécommunications). — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Jean-Louis Buevoz, Gabriel Crean et Alex
Waintal.

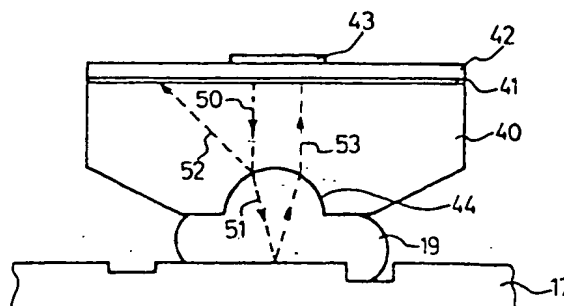
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Michel de Beaumont.

⑤4 Procédé de mesure non destructive du profil d'une surface.

⑤7 La présente invention concerne un procédé de mesure du
profil d'une surface au moyen d'un microscope acoustique
comprenant une lentille acoustique 40 disposée au-dessus de
ladite surface 17, une goutte de liquide 19 servant d'intermé-
diaire entre la face inférieure de la lentille et ladite surface. Ce
procédé comprend les étapes suivantes : conditionner l'inter-
face lentille/liquide pour qu'elle réfléchisse une partie notable
52 des ondes acoustiques; recueillir les ondes acoustiques
réfléchies par ladite surface 53 et par ladite interface 52 au
niveau d'un transducteur acoustoélectrique qui les combine
pour former un signal d'interférence; mettre au point le fais-
ceau acoustique sur un point de ladite surface en détectant un
maximum d'intensité du signal d'interférence; balayer en x-y la
surface sans retoucher la mise au point et afficher ou enregis-
trer le résultat obtenu.

Application aux déterminations de marches superficielles de
circuits intégrés.



1

PROCEDE DE MESURE NON DESTRUCTIVE
DU PROFIL D'UNE SURFACE

La présente invention concerne un procédé et un appareil de mesure du profil d'une surface. Elle s'applique notamment dans le domaine du contrôle non destructif lors de la fabrication de dispositifs semiconducteurs.

5 La mesure de profils de surface, notamment dans le domaine de la fabrication de semiconducteurs, est difficile du fait des contraintes imposées par les conditions dans lesquelles doit être effectuée la mesure. En particulier, il faut éviter toute altération ou modification de la surface. Il faut donc
10 effectuer une mesure non destructive et si possible sans contact avec la surface.

Parmi les procédés de mesure du profil d'une surface, on peut citer les procédés faisant appel à des microscopes acoustiques. Toutefois, ces procédés n'ont pas jusqu'à aujourd'hui fourni
15 une précision suffisante dans le cas où l'on cherche à analyser des inhomogénéités de surface de très petites dimensions aussi bien latéralement qu'en profondeur, typiquement de l'ordre du micron. Certains procédés relativement précis font appel à des mesures de phase entre l'onde de réflexion spéculaire et l'onde de
20 Rayleigh mais sont très complexes.

Ainsi, un objet de la présente invention est de prévoir un perfectionnement aux procédés de mesure de surface par des microscopes acoustiques fournissant une résolution beaucoup plus élevée que ce qui est habituel par des moyens simples.

25 Pour atteindre cet objet, la présente invention prévoit de provoquer un phénomène d'interférence entre l'onde acoustique réfléchi par la surface à analyser et l'onde acoustique réfléchie par la face inférieure de la lentille acoustique, cette deuxième onde étant généralement éliminée dans les procédés classiques
30 d'analyse où elle est considérée comme un signal parasite.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ainsi qu'un rappel de la structure d'un microscope acoustique selon l'art antérieur vont être exposés plus en détail dans la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention faite en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 représente schématiquement et sous forme de blocs un microscope acoustique ;

la figure 2 représente une lentille acoustique en regard d'un substrat pour mieux souligner les phénomènes physiques mis en oeuvre dans l'appareil selon la présente invention ; et

la figure 3 est un graphique représentant les variations de signal résultant des ondes acoustiques reçues en fonction des variations de distance (z) entre le substrat et l'objectif acoustique.

L'appareil selon la présente invention consiste en une modification et une utilisation particulière d'un microscope acoustique.

Comme le représente la figure 1, un microscope acoustique classique comprend des circuits électroniques pour fournir un signal à fréquence stable élevée (par exemple dans la gamme de 10 à 1000 MHz) pendant des créneaux temporels d'une durée de 10 ns à 500 ns par exemple, ces créneaux étant séparés par un signal nul. Un tel circuit électronique comprend, dans un mode de réalisation, un oscillateur 10, une porte 11 laissant passer les signaux de l'oscillateur seulement pendant la durée de créneau choisie, et un amplificateur 12. Les signaux de sortie de cet amplificateur 12 sont transmis, par l'intermédiaire d'un circulateur 13 et d'un adaptateur d'impédance 14, à un transducteur électroacoustique 15 lié rigidement à la face plane supérieure d'une lentille acoustique 16 dont la face inférieure est concave.

Une plaquette à observer 17, placée sur une table de déplacement 18, est disposée en regard de la face inférieure de la lentille, les ondes acoustiques se propageant par l'intermédiaire d'une goutte de liquide 19 placée à l'interface entre la lentille et l'échantillon. Les signaux renvoyés par la plaquette 17 sont

retransformés en signaux électriques par le transducteur piézo-
électrique 15 et sont dirigés par le circulateur 13 vers un cir-
cuit électronique comprenant une porte 20 éliminant par une
fenêtre temporelle les signaux d'excitation et les signaux d'échos
5 parasites afin de ne conserver que les signaux d'écho recherchés.
Les signaux de sortie de la porte 20 peuvent être amplifiés par un
amplificateur 21 et intégrés sur la durée du créneau temporel que
laisse passer la porte 20 par un intégrateur 22. La sortie de cet
intégrateur constitue la sortie classique d'un microscope acousti-
10 que. On y adjoint parfois un convertisseur analogique/numérique 23
piloté par un microprocesseur comportant des mémoires 24 qui per-
met un affichage sur un dispositif de sortie 25 sous forme graphi-
que (image) ou sous forme de tableau de données (imprimante).

La table de déplacement 18 permet un balayage horizontal
15 de la plaquette et comprend aussi un réglage en hauteur selon la
cote z pour permettre la mise au point de l'image.

Avec un tel appareil, on obtient typiquement une réso-
lution en x-y de l'ordre du micromètre. De même, pour la cote z,
on obtiendra également une précision qui ne sera pas meilleure
20 que le micromètre.

On peut voir en figure 2 une lentille acoustique 40 en
un matériau bon conducteur d'ondes acoustiques, par exemple du
saphir. Les vibrations acoustiques sont introduites dans ce
matériau par application sur sa face supérieure plane d'une couche
25 de métallisation 41, d'une couche de transducteur piézoélectrique
42 et d'une deuxième couche de métallisation 43 recevant le signal
électrique haute fréquence. Le matériau piézoélectrique peut par
exemple être de l'oxyde de zinc, ZnO.

A sa partie inférieure, la lentille comprend une partie
30 concave, par exemple une calotte sphérique 44 et est disposée en
face de la surface 17 dont on veut analyser les reliefs. Une
goutte d'un liquide de liaison 19 est prévue entre la face
inférieure de la lentille et la face supérieure du substrat. Ce
liquide de liaison est couramment de l'eau. On notera que la
35 métallisation supérieure 43 sur le transducteur piézoélectrique 42
a une surface qui correspond sensiblement en projection à celle de

la partie concave 44 à la partie inférieure de la lentille, pour limiter à cette partie concave l'émission d'ondes acoustiques.

Si on considère un faisceau acoustique 50 dans le cristal 40, à l'interface entre la lentille acoustique concave 44 et la goutte de liquide 19, ce faisceau se décompose en une partie transmise 51 et une partie réfléchie 52. Le faisceau 51 fournit, par réflexion sur la plaquette 17, une onde revenant dans le cristal 40 de la lentille désignée par la référence 53.

Dans l'art antérieur, pour obtenir une image de la surface de la plaquette, on a utilisé tous les moyens possibles pour éliminer le faisceau 52 réfléchi à l'interface lentille/liquide. Notamment, on a utilisé des traitements antiréfléchissants (adaptation entre l'indice acoustique de la lentille et celui du liquide).

Au contraire, selon la présente invention, cette interface n'est pas traitée, ou est traitée pour favoriser la présence de l'onde acoustique réfléchie 52, par exemple par désoxydation des couches d'oxyde existant spontanément sur la surface de la lentille. Ainsi, si, pour une position en x-y donnée de la plaquette 17, on fait varier la distance selon la direction z (éloignement ou rapprochement entre la lentille et la plaquette 17) on obtient à la sortie de l'intégrateur 22 de la figure 1 une courbe ayant l'allure représentée en figure 3 en trait plein. Par contre, si, comme dans l'art antérieur, on élimine la composante réfléchie à l'interface lentille/liquide, on obtient la courbe représentée en pointillés en figure 3, c'est-à-dire l'enveloppe de la précédente. D'ailleurs dans l'art antérieur, on procédait parfois à des filtrages pour éliminer complètement la courbe en trait plein et en recueillir seulement l'enveloppe.

Dans la figure 3, l'origine de l'axe des z correspond à la position pour laquelle, comme cela est représenté en figure 2, le faisceau acoustique est focalisé au niveau de la surface supérieure de la plaquette pour une position donnée de celle-ci. On peut d'ailleurs vérifier que l'on est à la position de mise au point en choisissant le réglage pour lequel l'intensité du signal recueilli est maximale. On veillera également à ce que le plan x-y

de la surface de la plaquette 17 soit bien perpendiculaire à l'axe z de l'objectif acoustique. Classiquement, on sait actuellement obtenir des taches focales acoustiques ayant un diamètre de l'ordre de 0,5 micron.

5 Ainsi, selon l'invention, si on déplace la plaquette 17 en x-y jusqu'à arriver sur une zone d'épaisseur différente, on se déplacera sur la courbe en trait plein de la figure 3. La largeur du lobe central de cette courbe en trait plein est d'une demi longueur d'onde dans le liquide 19. Par exemple, elle correspond à
10 une dimension de 2 microns quand la fréquence acoustique est de 375 MHz et que le liquide est de l'eau. Pour cette excursion des valeurs de z, on voit sur la courbe de la figure 3 que le signal détecté se déplacera entre des valeurs V1 et V2 alors que, si on s'était placé dans le cas de la détection d'enveloppe correspon-
15 dant à la courbe en pointillés, on se serait déplacé seulement entre les valeurs de signaux V1 et V3. Dans des cas pratiques, il s'est avéré que le gain obtenu, c'est-à-dire $(V1 - V2)/(V1 - V3)$ était de l'ordre de 20 à 50. On obtient donc une détection des variations d'épaisseur avec une très grande précision et, par la
20 présente invention, on pourra atteindre des variations d'épaisseur de l'ordre du vingtième de micron tout en restant dans la gamme des paramètres normaux (fréquence d'émission, dimension de lentille, etc.) d'un microscope acoustique.

Pour favoriser la recombinaison de l'onde réfléchie
25 à l'interface lentille/goutte d'eau 52, et de l'onde 53 provenant de la réflexion sur la surface de la plaquette, on aura intérêt à choisir une lentille de faible épaisseur. Par exemple, on choisira une lentille d'un diamètre de 6 mm pour une épaisseur d'1 mm, le diamètre de la partie concave 44 et de la métallisation correspon-
30 dante 43 étant par exemple de l'ordre du 1/2 mm.

En outre, on aura intérêt à choisir une lentille de faible ouverture pour éviter l'apparition d'ondes de Rayleigh dans le matériau étudié.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure du profil d'une surface au moyen d'un système acoustique comprenant une lentille acoustique (40) disposée au dessus de ladite surface (17), une goutte de liquide (19) servant d'intermédiaire entre la face inférieure de la lentille et ladite surface, caractérisé en ce qu'il comprend les
5 étapes suivantes :

- conditionner l'interface lentille/liquide pour qu'elle réfléchisse une partie notable (52) des ondes acoustiques ;
- recueillir les ondes acoustiques réfléchies par ladite
10 surface (53) et par ladite interface (52) au niveau d'un transducteur acoustoélectrique (41, 42, 43) qui les combine pour former un signal d'interférence ;
- mettre au point le faisceau acoustique sur un point de ladite surface en détectant un maximum d'intensité du signal
15 d'interférence ; et
- balayer en x-y la surface sans retoucher la mise au point et afficher ou enregistrer le résultat obtenu.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la lentille a une épaisseur faible devant son diamètre.

1/2

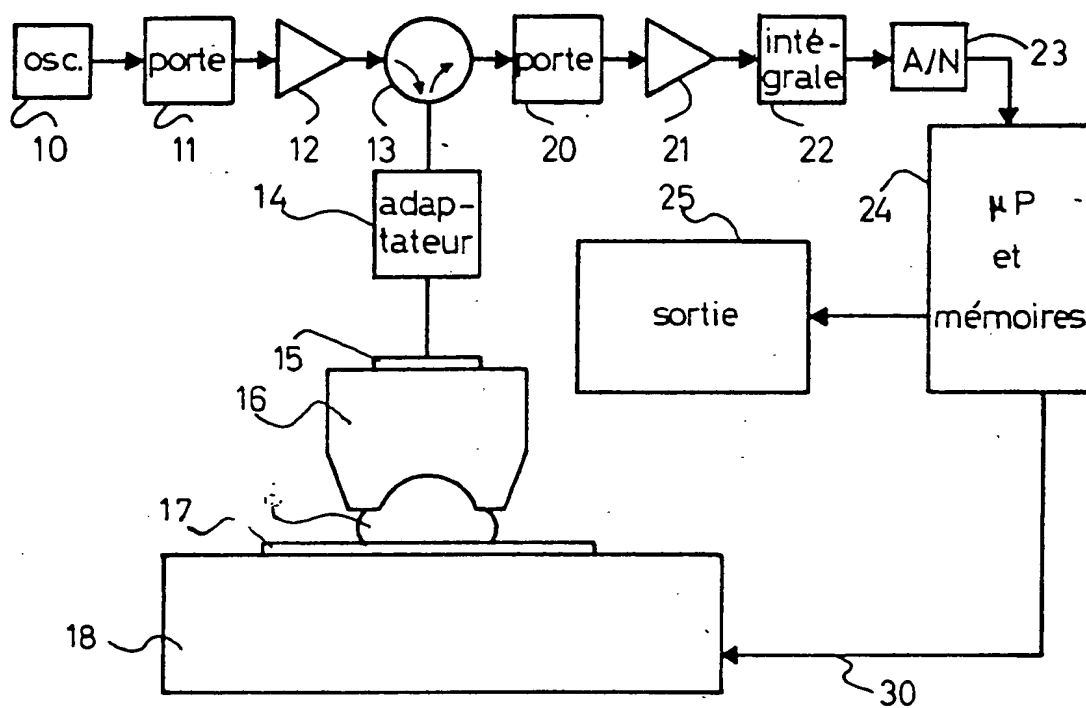


Fig. 1

2/2

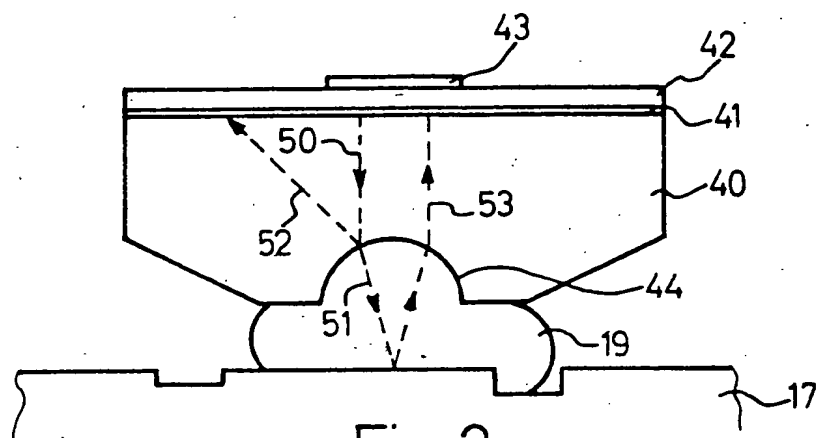


Fig. 2

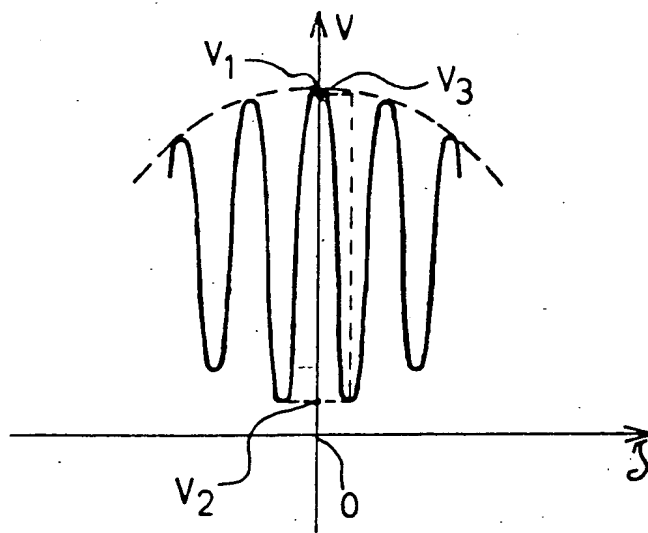


Fig. 3